

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-065548

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G06T 7/00

(21)Application number : 10-252015

(71)Applicant : TAGATA GENICHI

(22)Date of filing : 21.08.1998

(72)Inventor : TAGATA GENICHI  
TAGATA SENJIYU**(54) THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASUREMENT METHOD AND DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve three-dimensional measurement by a simple device and operation by three-dimensionally measuring the surface points of a measurement target according to information that is obtained by a camera from the measurement target and information that is obtained by moving the camera and picking up the still image of the measurement target.

**SOLUTION:** The coordinates of the surface of a measurement target are three-dimensionally measured according to image information that is obtained by making still a camera and a measurement target and measuring a position on an image surface and image information that is obtained by measuring a position on an image surface by moving one axis out of X, Y, and Z axes of the camera or the measurement target in parallel for measuring a position on the image surface. A plane reflection mirror is set to a plane that is determined by two axes out of X, Y, and Z axes, and a position on the virtual image of the measurement target that can be measured while the camera and the measurement target are still is measured. The position on the image surface of the virtual image that is obtained by moving one axis out of X, Y, and Z axes of the camera or the measurement target in parallel is measured. The coordinates on the surface of the measurement target are measured three-dimensionally. When the coordinates on the surface of the measurement target are calculation values or the calculation values of a plurality of operations, a three-dimensional measurement is made by an average operation.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Searching PAJ

2/2 ページ

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/.../wAAAz9aaLADA412065548P1.ht> 05/01/05

BEST AVAILABLE COPY



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】測定対象物の表面上に測定対象となる点群があって、カメラと測定対象物が静止状態で画像面上の位置を計測した画像情報と、カメラ又は測定対象物をXYZの1軸を平行移動させて得られる画像面上の位置を計測した画像情報から測定対象物の表面の座標を3次元で計測し、平面反射鏡をXYZ軸の内2軸で決定できる平面に単体又は複数設定し、カメラと測定対象物が静止状態で、平面反射鏡でできる測定対象物の虚像を画像面上の位置を計測した画像情報と、カメラ又は測定対象物をXYZの1軸を平行移動させて得られる測定対象物の虚像の画像面上の位置を計測した画像情報から測定対象物の表面の座標を3次元で計測し、測定対象物の表面の座標を演算で求めた値又は複数の演算で求める場合は必要に応じて平均操作によって3次元計測する方法と装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【技術の属する技術分野】本発明は、三次元測定方法及び装置に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】測定対象物にレーザビームを走査させながら照射して基準値からの距離を測定して、3次元画像を計測している。多くは、2つのカメラを使用するステレオ計測によって3次元画像を得ている。スリット光源からスリット光を走査しながら測定対象物に照射してカメラでスリット投影像を観測して3次元画像を求めている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の計測法は、装置が複雑で高価である。そこで、カメラ又は測定対象物の平行移動により、平面反射鏡も利用して簡単な装置と簡単な演算で対象物の表面の3次元計測を行う。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】測定対象物の表面上に測定対象となる点群があって、カメラと測定対象物が静止状態で画像面上の位置を計測した画像情報と、カメラ又は測定対象物をXYZの1軸を平行移動させて得られる画像面上の位置を計測した画像情報から測定対象物の表面の座標を3次元で計測し、平面反射鏡をXYZ軸の内2軸で決定できる平面に単体又は複数設定し、カメラと測定対象物が静止状態で、平面反射鏡でできる測定対象物の虚像を画像面上の位置を計測した画像情報と、カメラ又は測定対象物をXYZの1軸を平行移動させて得られる測定対象物の虚像の画像面上の位置を計測した画像情報から測定対象物の表面の座標を3次元で計測し、測定対象物の表面の座標を演算で求めた値又は複数の演算で求める場合は必要に応じて平均操作によって3次元計測する方法と装置である。

## 【0005】

【発明の実施の形態】本発明を図に従って説明する。本発明は、測定対象物をカメラで得た情報と、カメラを移動させ、測定対象物は静止した状態で得た情報から、測定対象物の表面の点を3次元で測定する方法と装置に関するものである。カメラから死角になる測定対象物の表面は、平面反射鏡を使って、測定対象物をカメラで得た情報と、カメラを移動させ、測定対象物は静止した状態で得た情報から、カメラから直接観測できない測定対象物の表面の点を3次元で測定する方法と装置についてのものである。このようにして、測定対象物の全ての表面の座標が3次元で計測できる。XYZ軸への平行移動によって、単一のカメラを使って、測定対象物の全ての表面の座標が3次元で計測できる。

【0006】平面反射鏡はXYZ軸の内2軸で決定できる平面とする。こうすることによって、測定対象物の表面の3次元測定を簡単にして、容易にするためである。平面反射鏡は測定対象物の上下左右に設置することができる。特に、測定対象物の上下の情報は得やすくなる。ただし、平面反射鏡の下部への設置は、測定計で設置の工夫が必要である。平面反射鏡を上部に設置した場合、測定対象物の回転によってカメラから見えない表面の3次元座標が計測できる。回転による座標の交換が必要になる。

【0007】下記の記述は、カメラを移動させ、測定対象物は静止した状態で行われる。しかし、カメラを静止させて、測定対象物を移動させても、下記に示すように全く同じように取り扱うことができるので、これについては説明を省略する。

【0008】測定対象物に多くの点照明を行う。カメラを移動させた場合には、多くの点照明はそのまま静止した状態で計測できるので、簡単な計測系で測定対象物の3次元計測が可能である。測定対象物に多くの点を記録する必要がない利点がある。測定対象物に多くの点を蛍光塗料などで予め記録しておいて、照明によってそれらの多くの点を計測することによって3次元画像が得られる。この場合には、カメラ又は測定対象物を移動させても3次元画像が得られる。

【0009】図1と図2からO点はカメラの焦点で、Zf点はカメラの画像面1である。図1はX軸方向の画像面である。図2はY軸方向の画像面1である。AxとAyは測定対象物2表面の計測可能な任意のX軸とY軸の点である。zfは画像面1のZ軸の位置である。fはカメラの焦点距離である。zt点はA点から垂直にZ軸に降ろした点である。図1と図2で、測定点のAを(xt, yt, zt)とする。画像上の点を(Xt, Yt)とする。図1と図2から

## 【0010】

## 【数1】

(3)

特開2000-65548

$$X_t = f \frac{x_t}{z_t} \quad (1)$$

$$Y_t = f \frac{y_t}{z_t} \quad (2)$$

が得られる。 $X_t$ と $Y_t$ は測定可能で、 $f$ が予め与えられている。

【0011】いま、 $z$ 軸方向に距離 $d$ だけカメラを移動させる。 $O$ 点は $O_{zd}$ に移動する。画像面1上の結像の位置

$$X_{zd} = f \frac{x_t}{z_t - d} \quad (3)$$

$$Y_{zd} = f \frac{y_t}{z_t - d} \quad (4)$$

が得られる。(1-4)から(5-7)式が得られる。

【0013】

$$x_t = \frac{X_t \cdot X_{zd} \cdot d}{f (X_{zd} - X_t)} \quad (5)$$

$$y_t = \frac{Y_t \cdot X_{zd} \cdot d}{f (X_{zd} - X_t)} \quad (6)$$

$$z_t = \frac{X_{zd} \cdot d}{X_{zd} - X_t} \quad (7)$$

(4)式から同様な手順で、

【0014】

$$x_t = \frac{X_t \cdot Y_{zd} \cdot d}{f (Y_{zd} - Y_t)} \quad (8)$$

$$y_t = \frac{Y_t \cdot Y_{zd} \cdot d}{f (Y_{zd} - Y_t)} \quad (9)$$

$$z_t = \frac{Y_{zd} \cdot d}{Y_{zd} - Y_t} \quad (10)$$

が得られる。(5-10)式をそれぞれ $x_t$ 、 $y_t$ と $z_t$ を平均して $x_t$ 、 $y_t$ と $z_t$ を求めることもできる。図3と図4から、 $X_{zd}$ と $Y_{zd}$ は測定可能で $d$ は予め分かっているため、測定対象物2の表面にある観測可能な任意のA点( $x_t$ 、 $y_t$ 、 $z_t$ )は決定できる。

$$Y_{yd} = f \frac{y_t - d}{z_t} \quad (11)$$

となる。(1-2)式と(11)式から

【0017】

$$z_t = \frac{f \cdot d}{Y_t - Y_{yd}} \quad (12)$$

$$x_t = \frac{X_t \cdot d}{Y_t - Y_{yd}} \quad (13)$$

$$y_t = \frac{Y_t \cdot d}{Y_t - Y_{yd}} \quad (14)$$

が得られる。 $X_t$ 、 $Y_t$ と $Y_{yd}$ が測定可能で、 $d$ と $f$ は予

置を( $X_{zd}$ 、 $Y_{zd}$ )とする。 $z_t$ は $z_t - d$ に移動する。図3と図4から

【0012】

【数2】

【数3】

【数4】

【0015】いま、 $y$ 軸方向に距離 $d$ だけカメラを移動させる。画像面1上の結像の位置を( $X_{yd}$ 、 $Y_{yd}$ )とする。 $O$ が $O_{yd}$ に移動する。(1)式から

【0016】

【数5】

【数6】

め与えられているので、測定対象物2の表面にある観測

(4)

特開2000-85548

可能な任意のA点 ( $x_t, y_t, z_t$ ) は、決定できる。

【0018】いま、図6のようにx軸方向に距離dだけカメラを移動させる。画像面1上の結像の位置を ( $X_xd, Y_xd$ ) とする。OはOxdに移動する。(1)式でX

$$X_xd = f \frac{x_t - d}{z_t}$$

になる。(1-2)式と(15)式から

【0020】

$$z_t = \frac{f \cdot d}{X_t - X_xd}$$

$$x_t = \frac{X_t \cdot d}{X_t - X_xd}$$

$$y_t = \frac{Y_t \cdot d}{X_t - X_xd}$$

が得られる。 $X_t, Y_t$ と $X_xd$ が測定可能で、dとfは予め与えられているので、測定対象物2の表面にある観測可能な任意のA点 ( $x_t, y_t, z_t$ ) は、決定できる。以上より正面から測定対象物2の任意の点が観測できる時、カメラをX軸、Y軸、Z軸にそれぞれ独立に少し移動させることによって測定対象物2の任意の点が測定できる。

【0021】図7に示すように、A点 ( $x_t, y_t, z$

$$AR=MR$$

である。 $\angle ARP$ と $\angle MRQ$ は直角で、そして

【0023】

$$\angle PAR = \angle QMR$$

であるから、

【0024】

【数11】 $\triangle APR \equiv \triangle MQR$

$$AP=MQ$$

が成り立つ。P点のY軸の値を $y_p$ とし、Q点のY軸の値を $y_q$ とする。P点では、

$$y_p + z_t \tan \theta = c \tan \theta$$

である。Q点では、

【0027】

$$y_q + z_m \tan \theta = c \tan \theta$$

である。AMとPQは直行するので、

【0028】

$$y_m - y_t = (z_m - z_t) \cot \theta$$

が成り立つ。(21)式から

【0029】

$$y_m - y_q = y_p - y_t$$

となる。(22)式の $y_q$ と(23)式の $y_p$ を代入すると、

$$y_m + y_t = -(z_m + z_t) \tan \theta + 2c \tan \theta$$

になる。(24)式と(29)式から

【0031】

軸方向にdだけ移動させると、

【0019】

【数7】

(15)

【数8】

(16)

(17)

(18)

t) はカメラからは観測できないので、Y軸とZ軸に対して $\theta$ 度傾いた状態の反射鏡を設置する。図7では、A点は ( $x_t, y_t$ ) で、M点は ( $z_m, y_m$ ) とする。 $z = z_t$ における反射鏡の位置をPとする。 $z = z_m$ における反射鏡の位置をQとする。反射鏡でA点の虚像はM点にできる。反射鏡のPQとAMは直行するので、

【0022】

【数9】

(19)

【数10】

(20)

で、両者は合同である。そこで、

【0025】

【数12】

(21)

【0026】

【数13】

(22)

【数14】

(23)

【数15】

(24)

【数16】

(25)

【0030】

【数17】

(26)

【数18】

(5)

特開2000-65548

$$x_t = \frac{(\cot \theta - \tan \theta) z_m - 2 y_m + 2 c \cdot \tan \theta}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (27)$$

$$y_t = \frac{(\tan \theta - \cot \theta) y_m - 2 z_m + 2 c \cdot \tan \theta}{\tan \theta + \cot \theta} \quad (28)$$

が得られる。

【0032】図7と図8から、次式が得られる。

【0033】

【数19】

$$X_m = f \frac{x_t}{z_m} \quad (29)$$

$$Y_m = f \frac{y_t}{z_m} \quad (30)$$

Z方向にdだけカメラを平行移動させる。焦点OはO'に移動する。画像面1上のYmzdに像ができるとする。図9から、

【0034】

【数20】

$$Y_{mzd} = f \frac{y_m}{z_m - d} \quad (31)$$

となる。(30-31)式から

【数21】

【0035】

$$y_m = \frac{d \cdot Y_{mzd} \cdot Y_m}{f (Y_m - Y_{mzd})} \quad (32)$$

(29-30)式と(32)式から

【数22】

【0036】

$$z_m = \frac{d \cdot Y_{mzd}}{Y_m - Y_{mzd}} \quad (33)$$

$$x_t = \frac{d \cdot Y_{mzd} \cdot X_m}{f (Y_m - Y_{mzd})} \quad (34)$$

が得られる。 $\theta$ 、 $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $d$ と $Y_{mzd}$ は既知であるから(27-28)式と(32-33)式から $y_t$ と $z_t$ が定まる。(34)式から $x_t$ も求まるので、A点の座標が決定できる。

とZ軸に対して45度の反射鏡を設置したことになる。

この場合は、反射鏡はY軸とZ軸面内で

【0038】

【数23】

【0037】図7において、 $\theta = \pi/4$ とすると、Y軸

$$y + z = c$$

(35)

である。Aは45度の反射鏡に対して対象で等距離に虚像ができるので、図7から

【0039】

【数24】

$$y_t = c - z_m$$

(36)

$$z_t = c - y_m$$

(37)

が成り立つ。(36-37)式は、(27-28)式で $\theta = \pi/4$ としたのと同じである。

上の画像面1における像は $Y_m$ から $Y_{mzd}$ に移動する。 $\theta$

$= \pi/4$ であるから、(32-33)式と(36-3

7)式から

【0041】

【数25】

【0040】カメラの位置を図9に示すようにZ軸方向にdだけ平行移動させる。焦点OはO<sub>mzd</sub>に、画像面1はZ軸上で $z_f$ から $z_{fd}$ に、 $z_t$ から $z_{mt}$ に、そしてY軸

$$y_t = c - \frac{Y_{mzd} \cdot d}{Y_{myd} - Y_m} \quad (38)$$

$$z_t = c - \frac{Y_m \cdot Y_{mzd} \cdot d}{f (Y_{myd} - Y_m)} \quad (39)$$

が得られる。 $X_t$ 、 $Y_t$ と $X_{xd}$ が測定可能で、 $d$ と $f$ は予め与えられているので、(34)式と(38-39)式

から測定対象物3の表面にある観測可能な任意のA点( $x_t$ 、 $y_t$ 、 $z_t$ )は決定できる。 $\theta = \pi/4$ のとき

(6)

特開2000-65548

は、三角関数がまったくなく、既知の各定数の四則演算で簡単に演算で求まる特徴がある。

【0042】カメラの位置を図10に示すようにZ軸方向にdだけ平行移動させ、X軸とZ軸面を図10に示

$$X_{mzd} = f \frac{X_m}{Z_m - d}$$

となる。(29)式と(40)式から

【0044】

$$x_t = \frac{X_m \cdot X_{mzd} \cdot d}{f (X_{mzd} - X_m)}$$

となる。(29-30)式から

【0045】

$$z_m = f \frac{x_t}{X_m} = \frac{X_{mzd} \cdot d}{X_{mzd} - X_m}$$

$$y_m = \frac{Y_m}{f} z_m = \frac{Y_m \cdot X_{mzd} \cdot d}{f (X_{mzd} - X_m)}$$

(27-28)式に(42-43)を代入すれば、 $y_t$ と $z_t$ が定まる。そこで(41)式と合わせてA( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )が求まる。

【0046】 $\theta = \pi/4$ とすると、(36-37)式か

$$y_t = c - \frac{X_{mzd} \cdot d}{X_{myd} - X_m}$$

$$z_t = c - \frac{Y_m \cdot X_{mzd} \cdot d}{f (X_{mzd} - X_m)}$$

fとdは既知で、 $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $X_{mzd}$ と $Y_{mzd}$ は実測できるので、A( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )が決定できる。図9と図10から $x_t$ 、 $y_t$ と $z_t$ は2通り求まるので、それぞれ $x_t$ 、 $y_t$ と $z_t$ を平均して、A( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )の位置が算出できる。

【0048】図11のように、y軸方向にカメラを平行

$$Y_{myd} = f \frac{Y_m - d}{Z_m}$$

となる。(29-30)式と(46)式から次式が得られる。

$$x_t = \frac{X_m \cdot d}{Y_m - Y_{myd}}$$

$$z_m = \frac{f \cdot d}{Y_m - Y_{myd}}$$

$$y_m = \frac{Y_m \cdot d}{Y_m - Y_{myd}}$$

(48-49)を(27-28)に代入すれば、 $y_t$ と $z_t$ が求まり、そしてA( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )が決定できる。

【0051】 $\theta = \pi/4$ とおくと、(36-37)式か

す。(29)式から

【0043】

【数26】

(40)

【数27】

(41)

【数28】

(42)

(43)

ら $y_t$ と $z_t$ は次式のように簡単になる。

【0047】

【数29】

(44)

(45)

移動させる。カメラの焦点位置OはO<sub>myd</sub>になり、A点の画像面1におけるy軸方向の位置はY<sub>m</sub>からY<sub>myd</sub>になる。そこで、(30)式から

【0049】

【数30】

(46)

【0050】

【数31】

(47)

(48)

(49)

ら三角関数を含まない次式のように簡単な式になる。fとdは既知で、 $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $Y_{myd}$ は実測できるので、A( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )が定まる。

【0052】

(7)

特開2000-65548

【数32】

$$y_t = c - \frac{f \cdot d}{Y_m - Y_{myd}} \quad (50)$$

$$z_t = c - \frac{Y_m \cdot d}{Y_m - Y_{myd}} \quad (51)$$

【0053】図12のように、x軸方向にカメラを平行移動させる。カメラの焦点位置OはO<sub>mxd</sub>になり、A点の画像面1におけるx軸方向の位置はX<sub>m</sub>からX<sub>mxd</sub>にな

$$X_{mxd} = f \frac{y_m - d}{z_m}$$

となる。(29-30)式と(52)式から次式が得られる。

$$x_t = \frac{X_m \cdot d}{X_m - X_{mxd}}$$

$$z_m = \frac{f \cdot d}{X_m - X_{mxd}}$$

$$y_m = \frac{Y_m \cdot d}{X_m - X_{mxd}}$$

(54-55)を(27-28)に代入すれば、y<sub>t</sub>とz<sub>t</sub>が求まり、そしてA(x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>, z<sub>t</sub>)が決定できる。

【0056】θ=π/4とおくと、(36-37)式が

$$y_t = c - \frac{f \cdot d}{X_m - X_{mxd}} \quad (56)$$

$$z_t = c - \frac{Y_{mxd} \cdot d}{X_m - X_{mxd}} \quad (57)$$

fとdは既知で、X<sub>m</sub>、Y<sub>m</sub>、X<sub>mxd</sub>は実測できるので、A(x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>, z<sub>t</sub>)が定まる。

【0058】一方、カメラを固定し、測定対象物2を移動させるても同様にA(x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>, z<sub>t</sub>)が求まる。これは、z<sub>t</sub>をz<sub>t</sub>+d(dは移動のさせ方で符号が正負に変わる。)と置き換えればよく、以上の結果がそのまま採用できる。

【0059】

【発明の効果】カメラ又は測定対象物がXYZ軸の1つの軸の方向への平行移動によって、簡単な演算と測定装置で対象物の表面の3次元計測区ができる。さらに、カメラ又は測定対象物がXYZ軸の1つの軸の方向への平行移動によって、XYZの2軸に平面反射鏡を傾けて単体又は複数設置すると、カメラから直接測定できない測定対象物の表面の3次元計測ができる。

【0060】カメラ又は測定対象物のXYZ軸の1つの軸の方向への平行移動によって、単一のカメラで測定対象物の表面の3次元計測ができる。

【0061】平面反射鏡を45度に傾けて設置すると、3次元計測の演算式には三角関数が含まれないので、演算が変数の四則演算で簡単に対象物の表面の3次元座標

る。そこで、(30)式から

【0054】

【数33】

$$(52)$$

【0055】

【数34】

$$(53)$$

$$(54)$$

$$(55)$$

ら三角関数を含まない次式のように簡単な式になる。

【0057】

【数35】

$$(56)$$

$$(57)$$

が算出できる。

【0062】測定対象物に多くの点を照射する照明で、照明でできる測定対象物に多くの点をカメラで計測して、3次元画像得るときには、照明装置は固定のままでもよいので、測定対象物に測定のために多くの点を記録する必要がない利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】XZ軸から見た測定対象物の測定点の座標と画像面における測定点の座標である。

【図2】YZ軸から見た測定対象物の測定点の座標と画像面における測定点の座標である。

【図3】XZ軸でZ軸方向にdだけカメラが平行移動したときの画像面における測定点の座標の変化である。

【図4】YZ軸でZ軸方向にdだけカメラが平行移動したときの画像面における測定点の座標の変化である。

【図5】YZ軸でY軸方向にdだけカメラが平行移動したときの画像面における測定点の座標の変化である。

【図6】XZ軸でX軸方向にdだけカメラが平行移動したときの画像面における測定点の座標の変化である。

【図7】YZ軸にθ角傾いた反射鏡を設置したとき、YZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面に

(B)

特開2000-65548

おける測定点の座標である。

【図8】YZ軸に $\theta$ 角傾いた反射鏡を設置したとき、XZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面における測定点の座標である。

【図9】YZ軸に $\theta$ 角傾いた反射鏡を設置したとき、Z軸方向にカメラを $d$ だけ平行移動したとき、XZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面における測定点の座標である。

【図10】YZ軸に $\theta$ 角傾いた反射鏡を設置したとき、Z軸方向にカメラを $d$ だけ平行移動したとき、XZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面における測定点の座標である。

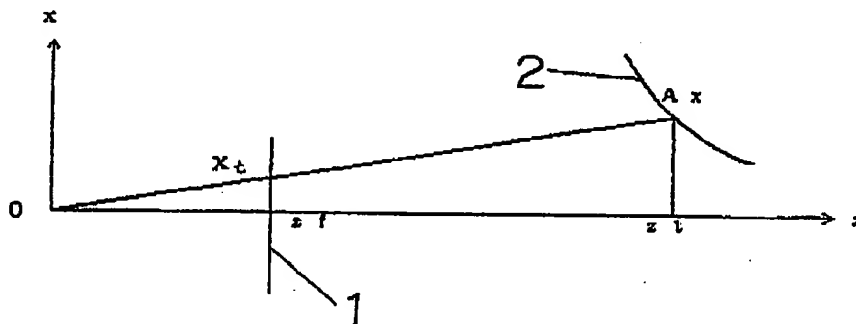
【図11】YZ軸に $\theta$ 角傾いた反射鏡を設置したとき、Z軸方向にカメラを $d$ だけ平行移動したとき、YZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面における測定点の座標である。

【図12】YZ軸に $\theta$ 角傾いた反射鏡を設置したとき、X軸方向にカメラを $d$ だけ平行移動したとき、XZ軸から見た測定対象物の測定点の虚像座標と画像面における測定点の座標である。

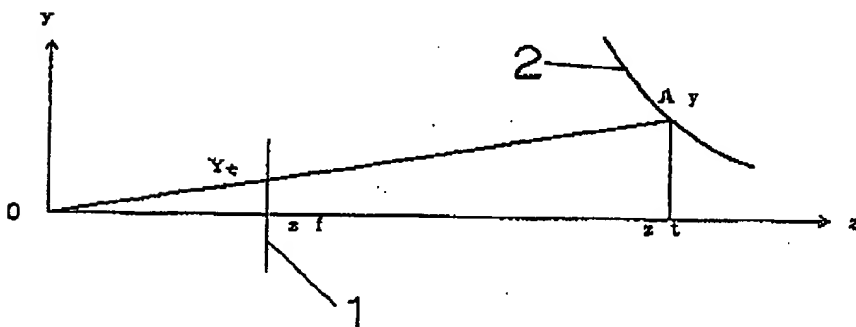
【符号の説明】

- 1 画像面
- 3 カメラから見えない測定対象物
- 4 反射鏡

【図1】



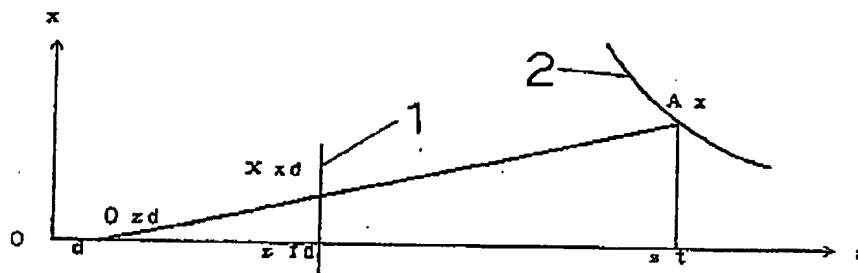
【図2】



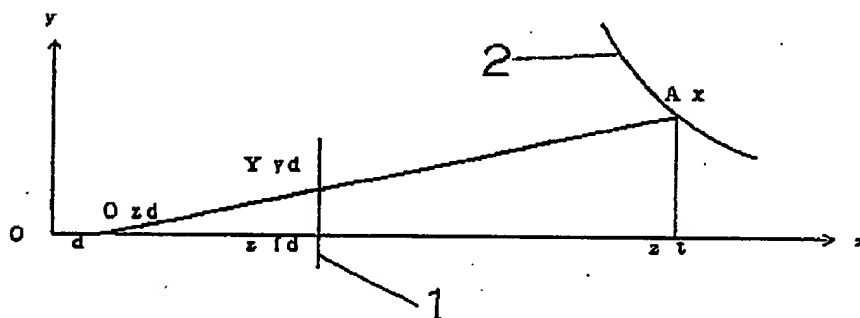
(9)

特開2000-65548

【図3】



【図4】



【図5】

